

4

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年12月10日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第352351号

出 願 人

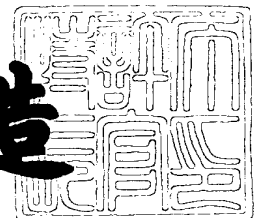
Applicant (s):

ソニー株式会社

2000年 9月 1日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3070003

【書類名】 特許願

【整理番号】 9900903402

【提出日】 平成11年12月10日

【あて先】 特許庁長官 近藤 隆彦 殿

【国際特許分類】 H01L 21/306

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
 内

 【氏名】 原 昌輝

【特許出願人】

 【識別番号】 000002185

 【氏名又は名称】 ソニー株式会社

 【代表者】 出井 伸之

【代理人】

 【識別番号】 100082762

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 杉浦 正知

 【電話番号】 03-3980-0339

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 043812

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9708843

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 エッチング方法および構造体の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被エッチング物の一方の面側からドライエッチングを行うことにより貫通孔を形成するようにしたエッチング方法において、

上記被エッチング物の他方の面の少なくとも上記貫通孔の形成予定領域またはその近傍に上記被エッチング物よりも電気伝導度が高い導電体を接触させた状態で上記ドライエッチングを行うことにより上記貫通孔を形成するようにしたことを特徴とするエッチング方法。

【請求項 2】 上記被エッチング物が半導体からなることを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 3】 上記被エッチング物がシリコンからなることを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 4】 上記導電体が金属であることを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 5】 上記導電体が上記被エッチング物の上記他方の面の全面に形成された導電膜であることを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 6】 上記導電体が上記被エッチング物の上記他方の面の上記貫通孔の形成予定領域の近傍に形成された導電膜であることを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 7】 上記導電体が低融点金属であることを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 8】 ドライエッチング装置のウェーハステージ上に低融点の導電体を設置し、上記ウェーハステージを上記導電体の融点以上の温度に保持することにより上記導電体を溶融させてその上に上記被エッチング物としてのウェーハを載せ、上記ウェーハステージの温度を上記導電体の融点以下に下げることにより上記ウェーハを上記ウェーハステージに固定してから上記ウェーハの上記ドライエッチングを行うことにより上記貫通孔を形成するようにしたことを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 9】 ドライエッチング装置のウェーハステージ上に低融点の導電体を設置し、上記ウェーハステージを上記導電体の融点以上の温度に保持することにより上記導電体を溶融させてその上に上記被エッチング物としてのウェーハを載せ、その状態で上記ウェーハの上記ドライエッチングを行うことにより上記貫通孔を形成するようにしたことを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 10】 SF_6 ガスと C_4F_8 ガスとを用いて上記ドライエッチングを行うようにしたことを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 11】 上記ドライエッチングがイオンを用いるドライエッチングであることを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 12】 上記ドライエッチングが反応性イオンエッチングであることを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 13】 上記貫通孔のアスペクト比が 3 以上であることを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 14】 上記貫通孔のアスペクト比が 5 以上であることを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 15】 上記貫通孔のアスペクト比が 8 以上であることを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 16】 上記貫通孔のアスペクト比が 10 以上であることを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 17】 被エッチング物の一方の面側からドライエッチングを行うことにより貫通孔を形成する工程を有する構造体の製造方法において、

上記被エッチング物の他方の面の少なくとも上記貫通孔の形成予定領域またはその近傍に上記被エッチング物よりも電気伝導度が高い導電体を接触させた状態で上記ドライエッチングを行うことにより上記貫通孔を形成するようにした

ことを特徴とする構造体の製造方法。

【請求項 18】 上記被エッチング物が半導体からなることを特徴とする請求項 17 記載の構造体の製造方法。

【請求項 19】 上記被エッチング物がシリコンからなることを特徴とする請求項 17 記載の構造体の製造方法。

【請求項 2 0】 上記導電体が金属であることを特徴とする請求項 1 7 記載の構造体の製造方法。

【請求項 2 1】 上記導電体が上記被エッチング物の上記他方の面の全面に形成された導電膜であることを特徴とする請求項 1 7 記載の構造体の製造方法。

【請求項 2 2】 上記導電体が上記被エッチング物の上記他方の面の上記貫通孔の形成予定領域の近傍に形成された導電膜であることを特徴とする請求項 1 7 記載の構造体の製造方法。

【請求項 2 3】 上記導電体が低融点金属であることを特徴とする請求項 1 7 記載の構造体の製造方法。

【請求項 2 4】 ドライエッチング装置のウェーハステージ上に低融点の導電体を設置し、上記ウェーハステージを上記導電体の融点以上の温度に保持することにより上記導電体を溶融させてその上に上記被エッチング物としてのウェーハを載せ、上記ウェーハステージの温度を上記導電体の融点以下に下げることにより上記ウェーハを上記ウェーハステージに固定してから上記ウェーハの上記ドライエッチングを行うことにより上記貫通孔を形成するようにしたことを特徴とする請求項 1 7 記載の構造体の製造方法。

【請求項 2 5】 ドライエッチング装置のウェーハステージ上に低融点の導電体を設置し、上記ウェーハステージを上記導電体の融点以上の温度に保持することにより上記導電体を溶融させてその上に上記被エッチング物としてのウェーハを載せ、その状態で上記ウェーハの上記ドライエッチングを行うことにより上記貫通孔を形成するようにしたことを特徴とする請求項 1 7 記載の構造体の製造方法。

【請求項 2 6】 SF_6 ガスと C_4F_8 ガスとを用いて上記ドライエッチングを行うようにしたことを特徴とする請求項 1 7 記載の構造体の製造方法。

【請求項 2 7】 上記ドライエッチングがイオンを用いるドライエッチングであることを特徴とする請求項 1 7 記載の構造体の製造方法。

【請求項 2 8】 上記ドライエッチングが反応性イオンエッチングであることを特徴とする請求項 1 7 記載の構造体の製造方法。

【請求項 2 9】 上記貫通孔のアスペクト比が 3 以上であることを特徴とする請求項 1 7 記載の構造体の製造方法。

【請求項 3 0】 上記貫通孔のアスペクト比が 5 以上であることを特徴とする請求項 1 7 記載の構造体の製造方法。

【請求項 3 1】 上記貫通孔のアスペクト比が 8 以上であることを特徴とする請求項 1 7 記載の構造体の製造方法。

【請求項 3 2】 上記貫通孔のアスペクト比が 1 0 以上であることを特徴とする請求項 1 7 記載の構造体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

この発明は、エッチング方法および構造体の製造方法に関し、特に、MEMS (Microelectromechanical Systems) 分野における微細構造体、例えば微細な鏡 (マイクロミラー) を含む微細構造体の製造に適用して好適なものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、MEMS 分野において、ドライエッチングによりシリコン (Si) 基板にトレンチ (溝) を貫通して形成する場合に、貫通する側のトレンチ末端部の幅が大きくなってしまいうという現象が知られている (例えば、Transducers' 99: J. J. IAO et al. pp. 546-549)。これは、トレンチ末端部でエッチング速度が大きくなることによるものである。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述のようにトレンチの幅がその末端部で大きくなると、設計通りのトレンチ形状を得ることができないため、MEMS 分野の微細構造体を形成するに際してこれが障害となる。

【0 0 0 4】

また、ウェーハ面内でエッチング速度に $\pm 5\%$ 程度のばらつきがあるのが普通であるので、ウェーハ全面においてオーバーエッチングをほとんど行わない、い

わゆるジャストエッチで上記問題を解決することは不可能である。

【0005】

したがって、この発明が解決しようとする課題は、基板にドライエッチングによりトレンチを貫通して形成する場合、より一般的には、被エッチング物にドライエッチングにより貫通孔を形成する場合に、その貫通孔の末端部の寸法が大きくなるのを防止することができるエッチング方法およびそのようなエッチング方法を用いた構造体の製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明者は、従来技術が有する上述の課題を解決するために、鋭意検討を行った。以下にその概要について説明する。

【0007】

本発明者は、レジストマスクを用い、ドライエッチングによりSi基板のエッチングを行って貫通トレンチを形成する実験を行った。具体的には、厚さ100 μm のSi基板に幅10 μm の貫通トレンチを形成した。図1は、このようにしてSi基板に形成した貫通トレンチをエッチングする側、すなわちレジストマスクがある側から撮影した光学顕微鏡写真を示す。図1からわかるように、エッチングする側から見た貫通トレンチの幅はおよそ10 μm であった。一方、図2は貫通トレンチを貫通した側から撮影した光学顕微鏡写真を示し、倍率は図1と同じである。図2からわかるように、貫通した側の貫通トレンチの幅は最大で約30 μm であり、エッチングする側の貫通トレンチの幅の約3倍であった。

【0008】

この実験結果は、貫通トレンチの末端部の幅が大きくなる点でJ.JIA0らの実験結果と一致するものであるが、貫通トレンチの末端部の幅がエッチングする側の幅に比べて3倍も大きくなってしまふことは、この実験結果によって初めて見いだされたものといえる。

【0009】

本発明者は、上記のような実験結果が得られる理由について考察を行った。すなわち、図2に示す光学顕微鏡写真を注意深く観察するとわかるように、貫通し

た側から見た貫通トレンチに、周辺に比べて幅が狭く、しかもこの幅がエッチングする側から見た貫通トレンチの幅とほぼ等しい部分が二箇所存在する。ここで注目すべきことは、この部分の貫通トレンチの両側に、ある目的でS i 基板裏面に成膜されたA l 膜のエッチング残り（図2の白い部分）が存在することである。これより、貫通トレンチが貫通する部分の近傍のS i 基板裏面にA l 膜が存在していたことが、貫通トレンチの幅が末端部で大きくなるのを防止する効果を有すると解釈することができる。

【0010】

このような効果が得られるメカニズムは現時点では不明であるが、次のようなメカニズムが考えられる。すなわち、ドライエッチングによりS i 基板に貫通トレンチを形成する場合にそのトレンチ末端部の幅が大きくなるのは、エッチングの進行に伴い貫通トレンチ内の側壁が入射イオンによって帯電し、これにより後続イオンの軌道が曲げられる結果、トレンチ末端部で側壁に入射するイオンの、側壁と垂直方向の速度成分が増加するためと考えられる。これに対し、貫通トレンチが貫通する部分の近傍のS i 基板裏面にA l 膜を形成しておくこと、トレンチ末端部までエッチングが進行してそのA l 膜がトレンチ内に露出した時点でトレンチ側壁から電荷がこのA l 膜に迅速に移動し、貫通トレンチ内の側壁の帯電が完全に解消され、あるいは大幅に低減し、それによって後続イオンの軌道が曲げられることが大幅に減少することにより、貫通トレンチ末端部でのエッチング速度の増加が抑えられると考えられる。

【0011】

本発明者は、上記のメカニズムに立脚して考察を進めた結果、S i 基板のエッチングの際にトレンチが貫通する側にあらかじめ電気伝導度が十分に高い導電体を設けておくことにより、より一般的には、トレンチが貫通する側に何らかの方法で導電体を接触させておくことにより、同様な効果を得ることができるという結論に至った。さらに考察を進めた結果、この手法は、被エッチング物がS i 基板である場合に限られず、ドライエッチングにより被エッチング物のエッチングを行って貫通孔を形成する場合に、貫通孔の末端部の寸法が大きくなってしまう問題が生じる場合全般に有効であるという結論に至ったものである。

【 0 0 1 2 】

この発明は、本発明者による上記検討に基づいて案出されたものである。

【 0 0 1 3 】

すなわち、上記課題を解決するために、この発明の第 1 の発明は、

被エッチング物の一方の面側からドライエッチングを行うことにより貫通孔を形成するようにしたエッチング方法において、

被エッチング物の他方の面の少なくとも貫通孔の形成予定領域またはその近傍に被エッチング物よりも電気伝導度が高い導電体を接触させた状態でドライエッチングを行うことにより貫通孔を形成するようにした

ことを特徴とするものである。

【 0 0 1 4 】

この発明の第 2 の発明は、

被エッチング物の一方の面側からドライエッチングを行うことにより貫通孔を形成する工程を有する構造体の製造方法において、

被エッチング物の他方の面の少なくとも貫通孔の形成予定領域またはその近傍に被エッチング物よりも電気伝導度が高い導電体を接触させた状態でドライエッチングを行うことにより貫通孔を形成するようにした

ことを特徴とするものである。

【 0 0 1 5 】

この発明において、被エッチング物は、ドライエッチングにより貫通孔を形成する場合にその末端部の寸法が大きくなってしまう問題が生じるものであれば、基本的にはどのようなものであってもよいが、具体的には、例えば、半導体である。この半導体としては、例えば、Si のほか、Ge、SiGe、GaAs その他の元素半導体または化合物半導体を挙げることができる。また、被エッチング物は、Si 基板のように一種類の物質からなる単層のものである場合のほか、例えば 2 層の Si 膜が SiO₂ 膜を介して積層された多層膜のように二種類以上の物質からなる膜が多層積層された多層構造であってもよい。このような多層構造においては、ある層のみをエッチングにより貫通させたいことがよくあるが、各層のエッチング速度が大きい場合にはやはり境界で貫通孔の拡大が起こりうるこ

とから、この場合も、層のエッチングをストップさせたい箇所に導電体を形成しておくだけで、貫通孔の末端部の寸法の拡大を防止する効果が得られる。

【0016】

導電体としては、好適には、被エッチング物に比べて電気伝導度が十分に高いものが用いられる。具体的には、導電体として、例えば、Al、Au、Pt、Ti、Cr、W、Moなどの金属を用いることができる。導電体としては、このほかに、金属シリサイドなどの導電性金属化合物や、導電性ポリマーなどの導電性有機物などを用いることもできる。この導電体は、被エッチング物の他方の面の全面に形成された導電膜であってもよいし、被エッチング物の他方の面の貫通孔の形成予定領域の近傍に形成された例えば細線パターン状の導電膜であってもよい。後者の導電膜は、必要最小限で済むので、最終の構造体に残しても問題を生じないため、エッチングの後工程で除去しないで済む点で有利である。さらに、被エッチング物がSiなどの半導体である場合には、イオン注入などによりn型不純物またはp型不純物を被エッチング物の他方の面に高濃度に導入し、この不純物導入層を導電体として用いることもできる。

【0017】

導電体は、成膜法により形成された導電膜ばかりでなく、熔融導電体、例えば熔融金属であってもよい。このような用途に適した金属としては、具体的には、低融点金属、例えばGa、Hg、はんだ、Inなどを用いることができる。このような熔融導電体を用いる場合、エッチングは例えば次のような手順で行うことができる。すなわち、まず、ドライエッチング装置のウェーハステージ上に低融点の導電体を設置し、次にウェーハステージを導電体の融点以上の温度に保持することにより導電体を熔融させてその上に被エッチング物としてのウェーハ（例えば、Si基板）を載せ、次にウェーハステージの温度を導電体の融点以下に下げることによりウェーハをウェーハステージに固定してからウェーハのドライエッチングを行うことにより貫通孔を形成する。場合によっては、ウェーハステージを導電体の融点以上の温度に保持することにより導電体を熔融させてその上に被エッチング物としてのウェーハを載せ、その状態でウェーハのドライエッチングを行うことにより貫通孔を形成してもよい。

【0018】

ドライエッチングは、被エッチング物をエッチングして貫通孔を形成する場合にその末端部の寸法が大きくなってしまいう問題が生じるものであれば、基本的にはどのようなものであってもよいが、例えば、イオンを用いるドライエッチング、具体的には反応性イオンエッチング（RIE）などである。特に、被エッチング物がSiである場合、これらのドライエッチングにおいては、好適には、SF₆ガスとC₄F₈ガスとがエッチングガスとして用いられる。

【0019】

被エッチング物に形成する貫通孔のアスペクト比（＝（縦方向の寸法）／（横方向の寸法））については、本質的な制限はないが、一般には、従来のドライエッチングでは貫通孔をその末端部も含めて同一寸法で形成することが困難とされている3以上であり、好適には5以上、より好適には8以上、さらに好適には10以上である。アスペクト比の上限は、使用するドライエッチング装置の性能などによって主に決まると考えられ、必ずしも一律に決まらないが、一つの目安を挙げれば20～50程度である。

【0020】

なお、被エッチング物が多層膜からなる場合の貫通孔のアスペクト比は、多層膜全体で見たときの貫通孔の横方向の寸法に対する縦方向の寸法の比で与えられる。

【0021】

上述のように構成されたこの発明においては、被エッチング物の他方の面の少なくとも貫通孔の形成予定領域またはその近傍に被エッチング物よりも電気伝導度が高い導電体を接触させた状態でドライエッチングを行うことにより貫通孔を形成するようにしているので、貫通孔の末端部までエッチングが進行してその導電体が貫通孔内に露出した時点で貫通孔の側壁から、イオンの入射により帯電した電荷がこの導電体に迅速に移動し、貫通孔内の側壁の帯電が完全に解消され、あるいは大幅に低減し、それによって後続イオンの軌道が曲げられることが大幅に減少することにより、貫通孔の末端部でのエッチング速度の増加が有効に抑えられる。

【 0 0 2 2 】

【発明の実施の形態】

以下、この発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、実施形態の全図において、同一または対応する部分には同一の符号を付す。

【 0 0 2 3 】

まず、この発明の第 1 の実施形態について説明する。

【 0 0 2 4 】

説明の便宜のため、この第 1 の実施形態により製造されるマイクロミラーの構造について最初に説明する。図 3 はこのマイクロミラーの完成状態を示し、図 4 はこのマイクロミラーのミラー本体が形成された S i 基板とミラー駆動電極が形成されたガラス基板とを分離した状態を示す。

【 0 0 2 5 】

図 3 および図 4 に示すように、このマイクロミラーにおいては、例えば正方形の S i 基板 1 に、例えば正方形のミラー 2 がその一つの対角線方向の両端を例えば S i N_x からなるヒンジ（梁） 3 で支えられた状態で形成されている。ヒンジ 3 の部分を除いて、ミラー 2 とその周囲の S i 基板 1 とは貫通トレンチ 4 により分離されている。このミラー 2 と S i 基板 1 とはその上面が同一面内にあるが、ミラー 2 は S i 基板 1 よりも薄く形成されている。図示は省略するが、ミラー 2 の上面は A l 膜が形成されていてミラー面となっており、一方、ミラー 2 の裏面にはミラー駆動用の上部電極が形成されている。S i 基板 1 にはこの上部電極と図示省略した外部端子とを電氣的に接続するためのコンタクトホール 5 が形成されている。このコンタクトホール 5 の底部にはヒンジ 3 の底面を通して上部電極と一体につながっている配線金属 6 が形成されている。一方、S i 基板 1 と同一形状のガラス基板 7 には、貫通トレンチ 4 と同一の輪郭に長方形の凹部 8 が形成されており、この凹部 8 の底面にこの凹部 8 のヒンジ 3 と平行な一つの対角線方向を斜辺とする直角三角形の形状を有する一対の下部電極 9、10 が所定の間隔で互いに対向して形成されている。これらの下部電極 9、10 には引き出し電極 11、12 が接続されている。これらの引き出し電極 11、12 はそれぞれ凹部 8 に形成された引き出し部 13、14 に引き出されている。S i 基板 1 には、引

き出し電極 1 1、1 2 を図示省略した外部端子と電氣的に接続するためのコンタクトホール 1 5、1 6 が形成されている。S i 基板 1 とガラス基板 7 とは陽極接合法により接合されている。

【 0 0 2 6 】

このマイクロミラーにおいては、ミラー 2 の裏面に形成された上部電極と下部電極 9、1 0 との間に電圧を印加してそれらの間に働く静電引力によりミラー 2 をそのヒンジ 3 を軸として振動させるようになっている。

【 0 0 2 7 】

図 5 および図 6 にこのマイクロミラーの製造方法を示す。ここで、図 5 および図 6 は図 3 および図 4 の A - A ' 線に沿っての断面図に相当する。ただし、図 5 および図 6 と図 3 および図 4 との縮尺は一致していない。

【 0 0 2 8 】

図 5 A に示すように、まず、S i 基板 1 (ウェーハ) の一方の主面に、フォトリソグラフィにより、上部電極およびヒンジ部分を含む大きさの凹部形成用のレジストマスク 5 1 を形成する。

【 0 0 2 9 】

次に、図 5 B に示すように、レジストマスク 5 1 を用いて例えば R I E のようなドライエッチングにより S i 基板 1 を所定の深さまでエッチングすることにより凹部 5 2 を形成した後、レジストマスク 5 1 を除去する。

【 0 0 3 0 】

次に、図 5 C に示すように、例えば真空蒸着法やスパッタリング法により基板全面に A l 膜 5 3 を成膜する。

【 0 0 3 1 】

次に、図 5 D に示すように、例えば C V D 法により基板全面に S i N_x 膜 5 4 を成膜する。

【 0 0 3 2 】

次に、図 5 E に示すように、S i 基板 1 の上下を反転させて S i 基板 1 の他方の主面を上にし、その全面に例えば真空蒸着法やスパッタリング法により A l 膜 5 5 を成膜する。

【 0 0 3 3 】

次に、図 5 F に示すように、フォトリソグラフィーにより、A 1 膜 5 5 上にミラーパターン形成用のレジストマスク 5 6 を形成する。

【 0 0 3 4 】

次に、図 6 A に示すように、レジストマスク 5 6 を用いて A 1 膜 5 5 をウェットエッチングしてミラー面 5 7 を形成した後、レジストマスク 5 6 を除去する。

【 0 0 3 5 】

次に、図 6 B に示すように、フォトリソグラフィーにより、貫通エッチング用のレジストマスク 5 8 を形成する。

【 0 0 3 6 】

次に、図 6 C に示すように、S i 基板 1 をドライエッチング装置に投入し、エッチングガスとして S F₆ ガスと C₄ F₈ ガスとを用い、高密度プラズマを利用した R I E により、レジストマスク 5 8 を用いて S i 基板 1 の貫通エッチングを行い、貫通トレンチ 4 を形成し、ミラー 2 を形成する。この後、レジストマスク 5 8 を除去する。このドライエッチング時には、S i 基板 1 の裏面側には A 1 膜 5 3 が形成されているため、貫通トレンチ 4 の中に進入するイオンの電荷がこの A 1 膜 5 3 に吸収され、貫通トレンチ 4 の側壁が帯電することが抑制されているものと考えられる。

【 0 0 3 7 】

次に、図 6 D に示すように、S i 基板 1 の上下を反転させ、フォトリソグラフィーにより、S i 基板 1 の裏面側に上部電極およびヒンジ部分をパターンニングするためのレジストマスク 5 9 を形成する。

【 0 0 3 8 】

次に、図 6 E に示すように、レジストマスク 5 9 を用いてドライエッチングにより S i N_x 膜 5 4 をエッチングし、引き続いて、ウェットエッチングにより A 1 膜 5 3 をエッチングし、ヒンジ 3 および上部電極 6 0 を形成する。上部電極 6 0 上には S i N_x 膜 5 4 が積層された構造となっている。この構造は、図示されていないヒンジ部分でも同じである。なお、図 6 E は図 6 D に対して S i 基板 1 を反転させた状態で示したものである。

【 0 0 3 9 】

次に、図 6 F に示すように、以上のようにしてミラー構造を形成した S i 基板 1 と、あらかじめ凹部 8 に下部電極 9、10 などが形成されたガラス基板 7 とを陽極接合法を用いて接合する。これによって、図 3 および図 4 に示すようなマイクロミラーを完成させる。

【 0 0 4 0 】

このようにして作製したマイクロミラーの貫通トレンチ 4 の部分を S i 基板 1 の表面側（エッチングする側）および裏面側（A l 膜 5 3 側）から光学顕微鏡観察を行った結果を図 7 および図 8 に示す。ここで、図 7 はエッチングする側から撮影した光学顕微鏡写真、図 8 は貫通した側から撮影した光学顕微鏡写真である。図 7 および図 8 より、S i 基板 1 の裏面側に A l 膜 5 3 が形成されていることにより、貫通トレンチ 4 の幅が S i 基板 1 の表裏で同じ幅に制御されていることがわかる。このときのエッチング時間は図 1 および図 2 の場合と同じであった。ここで特筆すべきことは、A l 膜 5 3 上には絶縁膜である S i N_x 膜 5 4 が積層されており、A l 膜 5 3 が接地されていないという点である。しかも、S i N_x 膜 5 4 上にさらにフォトリソ膜を成膜して同様の実験を行っても、この効果は薄れることはなかった。

【 0 0 4 1 】

以上のように、この第 1 の実施形態によれば、S i 基板 1 にドライエッチングにより貫通トレンチ 4 を形成する場合に、貫通する側の S i 基板 1 の面にあらかじめ A l 膜 5 3 を形成していることにより、貫通トレンチ 4 の末端部の幅が大きくなる問題をほぼ完全に抑制することができ、レジストマスク 5 8 で決まる設計通りの幅の良好な断面形状の貫通トレンチ 4 を形成することができる。そして、このように貫通トレンチ 4 を設計通りの形状に形成することができるため、この貫通トレンチ 4 を形成するためのドライエッチング時に同時に決まるヒンジ 3 の長さも設計通りとすることができる。特に、このような MEMS 用途のヒンジ 3 には一般に 5 % 程度以下の寸法精度が要求されるが、この程度の寸法精度は容易に確保することができる。このようにヒンジ 3 の寸法精度が高いことにより、ヒンジ 3 に起因するミラー 2 の振動特性の不良を防止することができる。

【 0 0 4 2 】

次に、この発明の第 2 の実施形態について説明する。この第 2 の実施形態は、基板を接合した構造の MEMS デバイスを作製する際に有用なものである。すなわち、MEMS デバイスでは、Si 基板とガラス基板とを陽極接合した後に Si 基板を貫通エッチングする場合がよくある。これは、貫通エッチングされた Si 基板が脆弱でその後のフォトリソグラフィ工程に耐えられないことが多いからである。しかしながら、この場合には、Si 基板の裏側（ガラス基板と接合されている側）を貫通エッチング後に加工することは、ほとんど不可能となってしまう。したがって、この場合には、第 1 の実施形態のように Si 基板の裏側全面に導電膜を成膜しておく方法は使用することができない。そこで、この第 2 の実施形態では、このような欠点を改善する手法を提供する。

【 0 0 4 3 】

図 9 はこの第 2 の実施形態において、貫通エッチング前の Si 基板を示すものである。ここで、図 9 A は Si 基板を表側から見たもの、図 9 B は Si 基板を裏側から見たもの、図 9 C は図 9 A の C - C ' 線に沿っての断面図である。

【 0 0 4 4 】

図 9 に示すように、この第 2 の実施形態においては、まず、Si 基板 1 0 1 の一方の主面（表側の面）に、フォトリソグラフィにより、貫通トレンチ形成用のレジストマスク 1 0 2 を形成する。また、Si 基板 1 0 1 の他方の主面（裏側の面）に、貫通トレンチ形成予定領域に沿ってその両側に細長い線状 Al パターン 1 0 3 （ガイドメタル）を形成する。ここで、レジストマスク 1 0 2 と線状 Al パターン 1 0 3 との位置関係は、Si 基板 1 0 2 の裏側の面から表側を透視したときに、線状 Al パターン 1 0 3 がレジストマスク 1 0 2 の線状の開口部を囲むようになっている。この線状 Al パターン 1 0 3 は、Si 基板 1 0 1 の裏面全面に Al 膜を成膜し、この Al 膜上にフォトリソグラフィによりレジストマスクを形成した後、このレジストマスクを用いて Al 膜を R I E などエッチングすることにより形成することができる。

【 0 0 4 5 】

次に、レジストマスク 1 0 2 を用いて、例えば第 1 の実施形態と同様な R I E

のようなドライエッチングにより、S i 基板 1 0 1 を表側から貫通エッチングする。これによって、図 1 0 に示すように、貫通トレンチ 1 0 4 が形成される。この後、レジストマスク 1 0 2 を除去する。このドライエッチング時には、S i 基板 1 0 1 の裏面側には貫通トレンチ形成予定領域の直ぐ両側に線状 A 1 パターン 1 0 3 が形成されているため、貫通トレンチ 1 0 4 の中に進入するイオンの電荷がこの線状 A 1 パターン 1 0 3 に吸収され、貫通トレンチ 1 0 4 の側壁が帯電することが抑制される。

【 0 0 4 6 】

以上のように、この第 2 の実施形態によれば、S i 基板 1 0 1 にドライエッチングにより貫通トレンチ 1 0 4 を形成する場合に、あらかじめ貫通する側の S i 基板 1 0 1 の面の貫通トレンチ形成予定領域の両側に線状 A 1 パターン 1 0 3 を形成していることにより、貫通トレンチ 1 0 4 の末端部の幅が大きくなる問題を抑制することができ、レジストマスク 1 0 2 で決まる設計通りの幅の良好な断面形状の貫通トレンチ 1 0 4 を形成することができる。そして、この場合、S i 基板 1 0 1 の裏側にガラス基板を接合した状態でも、S i 基板 1 0 1 に貫通トレンチ 1 0 4 を良好な形状に形成することができる。また、線状 A 1 パターン 1 0 3 は、微小であり、最終構造に残しておいても問題にならないため、その除去の工程を省くことができ、簡便である。

【 0 0 4 7 】

次に、この発明の第 3 の実施形態について説明する。この第 3 の実施形態は、S i 基板側に特別な処理を施さずに貫通エッチングを良好に行うことを目的とするものである。

【 0 0 4 8 】

図 1 0 に示すように、この第 3 の実施形態においては、ドライエッチング装置、具体的には例えば R I E 装置内のウェーハステージ 2 0 1 上に、ウェーハホルダー 2 0 2 を載せる。このウェーハホルダー 2 0 2 には凹部 2 0 2 a が設けられている。このウェーハホルダー 2 0 2 は、ウェーハステージ 2 0 1 の内部に、温度調整された液体をその入口 2 0 1 a から入れて出口 2 0 1 b から抜くことにより温度制御可能となっている。ウェーハホルダー 2 0 2 の凹部 2 0 2 a には、低

融点金属としてGa（融点29.78℃）203を入れておく。そして、このウェーハホルダー202をGaの融点以上の温度に保ってGa203を溶融させ、その上に被エッチング物としてのSi基板204を載せる。このSi基板204のエッチングする側の主面には、あらかじめ、図示されていない貫通トレンチ形成用のレジストマスクが形成されている。その後ウェーハホルダー202の温度をGaの融点以下に下げる。これにより、Si基板204はGa203によりウェーハホルダー202との電氣的接触を保ちながらウェーハホルダー202上に固定される。そして、この状態でレジストマスクを用いてSi基板204を第1の実施形態と同様なRIEのようなドライエッチングによりエッチングし、貫通トレンチを形成する。この後、レジストマスクを除去する。このドライエッチング時には、Si基板204の裏面側にはGa203が接触しているため、貫通トレンチの中に進入するイオンの電荷がこの溶融Ga203に吸収され、貫通トレンチの側壁が帯電することが抑制される。この後、再度ウェーハホルダー202をGaの融点以上の温度に保ってGa203を溶融させ、Si基板204をウェーハホルダー202から取り外す。

【0049】

以上のように、この第3の実施形態によれば、Si基板204にドライエッチングにより貫通トレンチを形成する場合に、あらかじめ貫通する側のSi基板204の面にGa203を接触させていることにより、貫通トレンチの末端部の幅が大きくなる問題を抑制することができ、レジストマスクで決まる設計通りの幅の良好な断面形状の貫通トレンチを形成することができる。そして、この場合、Si基板204の裏側にあらかじめAl膜などの導電膜を形成しておく必要がないため、簡便である。

【0050】

【実施例】

実施例1 第1の実施形態の実施例

厚さ100 μ mのSi基板1に、500 μ m角のミラー2が両端をSiN_xのヒンジ3で支持されている。ヒンジ3の寸法は、幅10 μ m、長さ20 μ m、厚さ2 μ mである。ミラー面はAl膜を200nmの厚さに真空蒸着することで形

成されている。Si 基板 1 に形成されたコンタクトホール 5、15、16 は $200\text{ }\mu\text{m}$ 角の大きさである。

【0051】

ガラス基板 7 は、厚さ $200\text{ }\mu\text{m}$ のパイレックスガラスである。このガラス基板 7 にエッチングで $10\text{ }\mu\text{m}$ の深さに凹部 8 を形成し、その中に Al 製の下部電極 9、10 を形成しておく。これらの下部電極 9、10 は、それぞれ等辺の長さが $200\text{ }\mu\text{m}$ の直角 2 等辺三角形の形状を有する。

【0052】

ミラー 2 を Si 基板 1 から切り離す目的で貫通エッチングを実行するプロセスは次の通りである。厚さ $100\text{ }\mu\text{m}$ の Si 基板 1 の裏側に凹部 52 を形成するためのエッチングのためにレジストマスク 51 を形成する。次に、 SF_6 ガスの RIE プラズマを用いた RIE 装置において Si 基板 1 のドライエッチングを行い、深さ $2\text{ }\mu\text{m}$ の凹部 52 を形成する。

【0053】

次に、真空蒸着装置を用いて基板全面に Al 膜 53 を厚さ 200 nm 成膜し、さらにその上に CVD 法で SiN_x 膜 54 を厚さ $1\text{ }\mu\text{m}$ 成膜する。

【0054】

次に、Si 基板 1 を反転させ、Si 基板 1 の表側にミラー面となる Al 膜 55 を厚さ 200 nm 成膜した。この Al 膜 55 上にミラーパターン形成用のレジストマスク 56 を形成し、このレジストマスク 56 を用いてリン酸中でウエットエッチングすることによりミラー面 57 を形成する。

【0055】

次に、貫通エッチング用のレジストマスク 58 を形成し、高密度プラズマを用いた RIE 装置において SF_6 ガスと C_4F_8 ガスとを交互に供給する、いわゆるボッシュプロセスで貫通エッチングを実行する。このとき、貫通トレンチ 4 内にイオンが入射するが、Si 基板 1 の裏側に成膜されている Al 膜 53 に電荷が吸収されるため、貫通トレンチ 4 の側壁が帯電しないものと考えられる。この結果、良好な断面形状を有する貫通トレンチ 4 を形成することができた。また、Al 膜 53 はこの RIE でエッチングされることはほとんどなかった。

【 0 0 5 6 】

次に、S i 基板 1 を反転させ、S i 基板 1 の裏側にレジストマスク 5 9 を形成した。次に、このレジストマスク 5 9 を用いて、まず、 $CF_4 + O_2$ ガスを用いた R I E 装置において S i N_x 膜 5 4 のドライエッチングを行うことにより S i N_x からなるヒンジ 3 を形成し、引き続いて、リン酸中で A l 膜 5 3 のウエットエッチングを行うことにより上部電極 6 0 を形成する。図示されていないヒンジ部分もこれと同じ断面構造となる。

【 0 0 5 7 】

一方、ガラス基板 7 として、パイレックスガラスに深さ 1 0 μ m の凹部 8 を形成し、その凹部 8 に下部電極 9、1 0 などを形成したものを別に用意した。そして、S i 基板 1 を再度反転させて、S i 基板 1 の裏面とこのガラス基板 7 とを大気中で密着させて 3 8 0 ° C の温度に保ち、それらの間に 1 k V の電圧を印加することで陽極接合させ、マイクロミラーを完成させた。

【 0 0 5 8 】

上記の貫通エッチングプロセスの結果、S i 基板 1 に良好な断面形状の貫通トレンチ 4 を形成することができ、それによってミラー 2 を S i 基板 1 から分離することができた。貫通トレンチ 4 の幅は S i 基板 1 の表裏ともに約 1 0 μ m で同等であった。

【 0 0 5 9 】

実施例 2 第 2 の実施形態の実施例

実施例 2 は、マイクロミラーの製造工程における貫通エッチングプロセスである。ただし、ミラーを支持するヒンジ部分の説明は省略する。

【 0 0 6 0 】

S i 基板 1 0 1 の表側に、一辺が 1 0 0 0 μ m のミラーを S i 基板 1 0 1 から切り離すための貫通エッチング用レジストマスク 1 0 2 を形成する。このレジストマスク 1 0 2 の開口部の幅は 1 0 μ m であった。

【 0 0 6 1 】

また、S i 基板 1 0 1 の裏側には、厚さ 2 0 0 n m の A l 膜をリン酸中でウエットエッチングすることにより線状 A l パターン 1 0 3 を形成する。この線状 A

1 パターン 102 は線幅が $20\ \mu\text{m}$ で全体として正方形であり、レジストマスク 102 との位置関係は図 9C に示したようになっている。Si 基板 101 に平行な方向におけるレジストのない部分、すなわちレジストマスク 102 の開口部と線状 A1 パターン 103 との距離は $10\ \mu\text{m}$ であった。

【0062】

この状態で、 C_4F_8 と SF_6 ガスとを交互に供給しながらプラズマを発生させ、レジストマスク 102 を用いて Si 基板 101 の貫通エッチングを行った。エッチングが進行して貫通トレンチ 104 が形成された後も貫通トレンチ 104 の側壁が帯電してトレンチ断面形状が悪化することはなかった。

【0063】

この実施例 2 によれば、Si 基板 101 にガラス基板を陽極接合した状態でも同様に良好なエッチングができる。ここで、線状 A1 パターン 103 は、貫通トレンチ 104 の近傍のみの構造物であるので、これが残っていても何ら問題にはならない。

【0064】

上記プロセスにより、接合した基板の Si 部分の貫通エッチングであっても良好なトレンチの断面形状で実行することができるようになった。

【0065】

実施例 3 第 3 の実施形態の実施例

RIE 装置のウェーハステージ 201 上に載せられたウェーハホルダー 202 の凹部 202a 内に低融点金属の Ga203 を入れ、ウェーハホルダー 202 を 40°C に保って Ga203 を溶融させておき、その上から厚さ $100\ \mu\text{m}$ の Si 基板 204 を設置した。このとき、Si 基板 204 上に溶融した Ga203 が載らないようにすることや、Si 基板 204 と Ga203 との間に空気を残さないようにすることに注意を払った。次に、ウェーハホルダー 202 の温度を 5°C に下げて Ga203 を固化させ、Si 基板 203 をウェーハホルダー 202 と電気的接触を保った状態で固定した。この Si 基板 204 上には、貫通エッチング用の幅 $10\ \mu\text{m}$ のレジストマスクをあらかじめ形成しておいた。

【 0 0 6 6 】

この状態で、レジストマスクを用いて、 SF_6 ガスと C_4F_8 ガスとを交互に用いたドライエッチングにより Si 基板 2 0 4 の貫通エッチングを行った。エッチング後、再度ウェーハホルダー 2 0 2 を 40°C に保って Ga_2O_3 を溶融させ、 Si 基板 2 0 4 をウェーハホルダー 2 0 2 から取り出した。こうして得られた貫通トレンチの断面形状は、その末端部でも良好であった。これは、エッチング中のイオンから供給される電荷が、 Ga_2O_3 に抜けることができるため、良好な貫通エッチングができたことによるものである。この実施例 3 では、 Si 基板 2 0 4 側に特別な処理が必要ないので、 Si 基板 2 0 4 への微量な Ga の残留がデバイスにとって問題なければ有効な方法である。

【 0 0 6 7 】

以上、この発明の実施形態について説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

【 0 0 6 8 】

すなわち、上述の第 1、第 2 および第 3 の実施形態ならびに実施例 1、2 および 3 において挙げた数値、構造、形状、材料、成膜方法、プロセスなどはあくまでも例に過ぎず、必要に応じて、これらと異なる数値、構造、形状、材料、成膜方法、プロセスなどを用いることも可能である。

【 0 0 6 9 】

例えば、第 2 の実施形態においては、線状 Al パターン 1 0 3 は閉じた形状であるが、必ずしもそのようにする必要はなく、断片的な線状 Al パターン 1 0 3 であってもよい。

【 0 0 7 0 】

また、第 3 の実施形態においては、低融点金属として Ga_2O_3 を用いているが、他の低融点金属、例えば Hg (融点 -38.8°C) やはんだ ($\text{Pb} 38\% - \text{Sn} 62\%$ 、融点 183°C)、 In (融点 156.6°C) などを用いることも可能である。また、場合によっては、 Ga_2O_3 を溶融させた状態のままでドライエッチングを行うことも可能である。この場合には、溶融した Ga_2O_3 が Si

基板 2 0 4 に隠されてプラズマに曝されないようにするのが、エッチングチャンバー壁の汚染を防止する上で好ましいと考えられる。

【 0 0 7 1 】

さらに、この発明は、マイクロミラー以外に、S i 基板を用いたセンサーなどの貫通エッチングが必要な各種のMEMSデバイスの製造に適用することができる。

【 0 0 7 2 】

【発明の効果】

以上説明したように、この発明によれば、被エッチング物の他方の面の少なくとも貫通孔の形成予定領域またはその近傍に被エッチング物よりも電気伝導度が高い導電体を接触させた状態でドライエッチングを行うことにより貫通孔を形成するようにしているので、その貫通孔の末端部の寸法が大きくなるのを防止することができる。このため、マイクロミラーなどのMEMSデバイスその他の構造体を高精度に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明者が行った実験結果を説明するための光学顕微鏡写真である。

【図 2】

本発明者が行った実験結果を説明するための光学顕微鏡写真である。

【図 3】

この発明の第 1 の実施形態によるマイクロミラーを示す斜視図である。

【図 4】

この発明の第 1 の実施形態によるマイクロミラーを示す分解斜視図である。

【図 5】

この発明の第 1 の実施形態によるマイクロミラーの製造方法を説明するための断面図である。

【図 6】

この発明の第 1 の実施形態によるマイクロミラーの製造方法を説明するための断面図である。

【図 7】

本発明者が行った実験結果を説明するための光学顕微鏡写真である。

【図 8】

本発明者が行った実験結果を説明するための光学顕微鏡写真である。

【図 9】

この発明の第 2 の実施形態による貫通エッチング方法を説明するための断面図である。

【図 1 0】

この発明の第 2 の実施形態による貫通エッチング方法を説明するための断面図である。

【図 1 1】

この発明の第 3 の実施形態による貫通エッチング方法を説明するための断面図である。

【符号の説明】

1、1 0 1、2 0 4・・・S i 基板、2・・・ミラー、3・・・ヒンジ、4、1 0 4・・・貫通トレンチ、7・・・ガラス基板、5 8、1 0 2・・・レジストマスク、5 3・・・A l 膜、1 0 3・・・線状 A l パターン、2 0 2・・・ウェーハホルダー、2 0 3・・・G a

【書類名】 図面

【図 1】



トレンチ

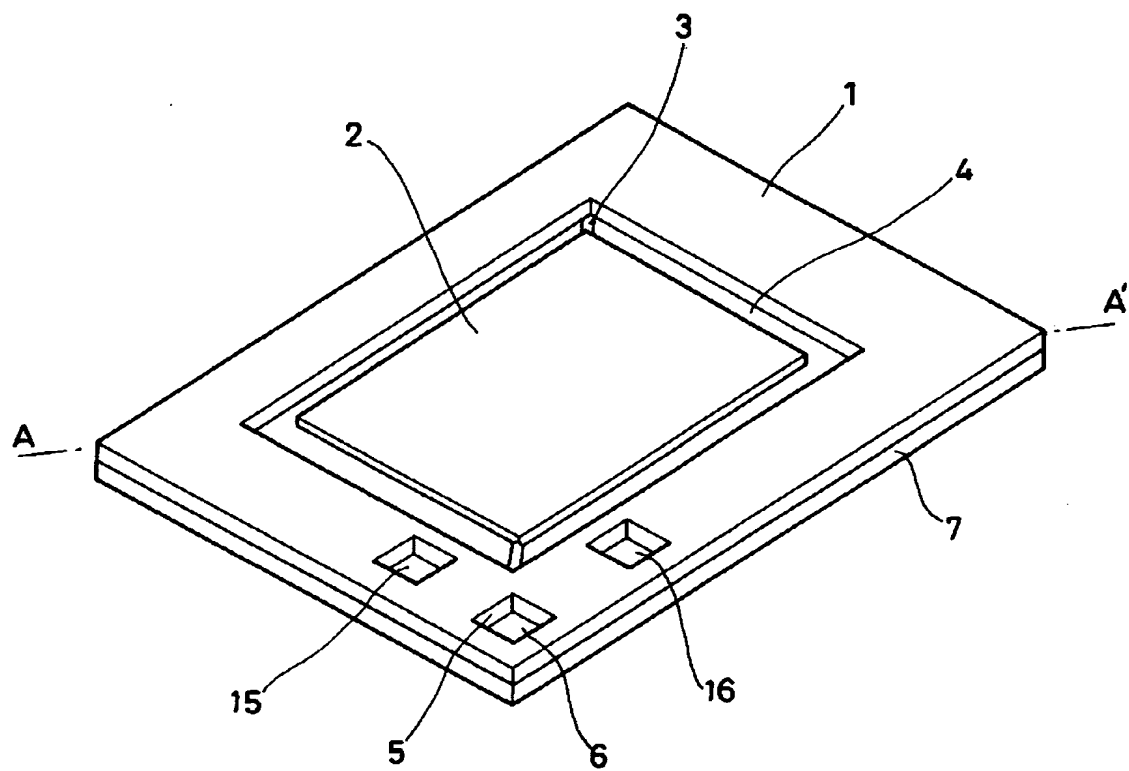
【図 2】



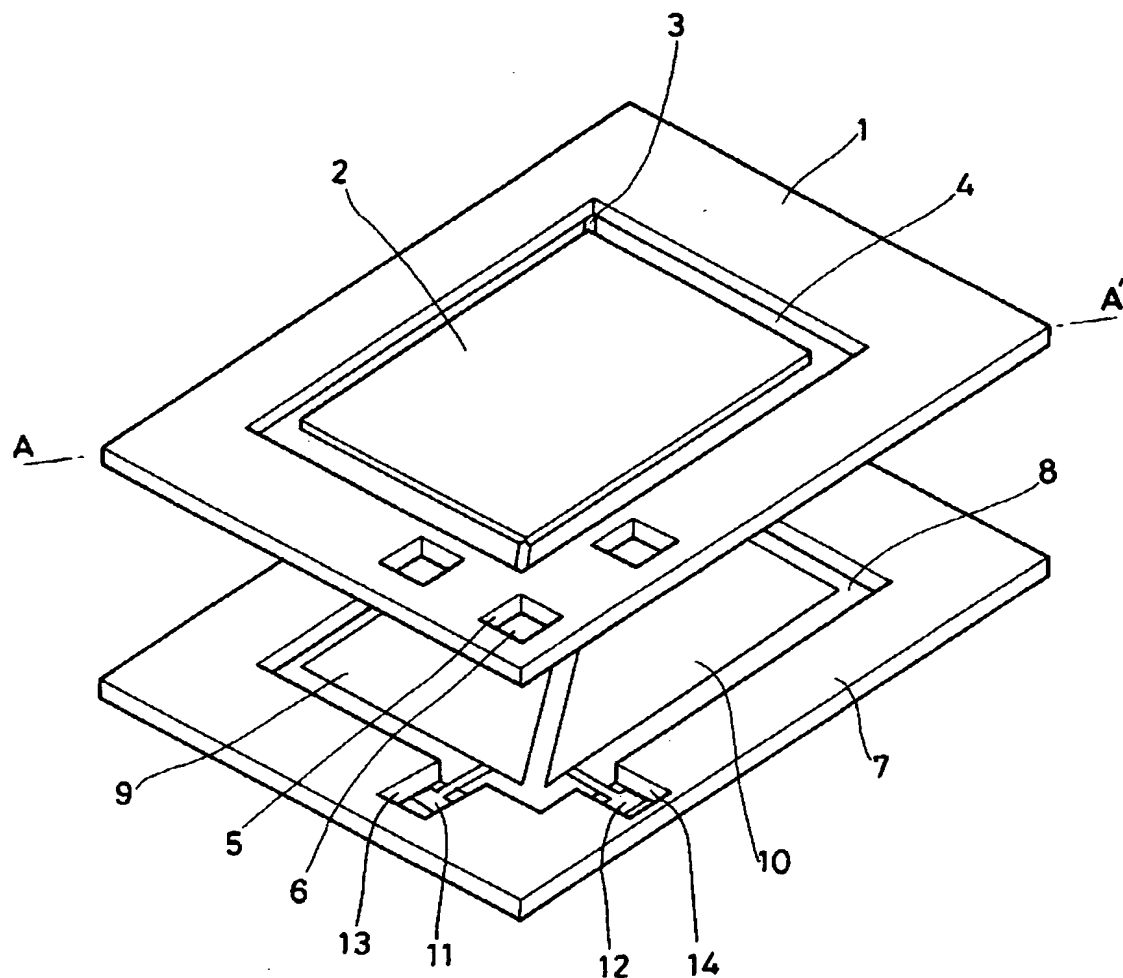
トレンチ

Al膜

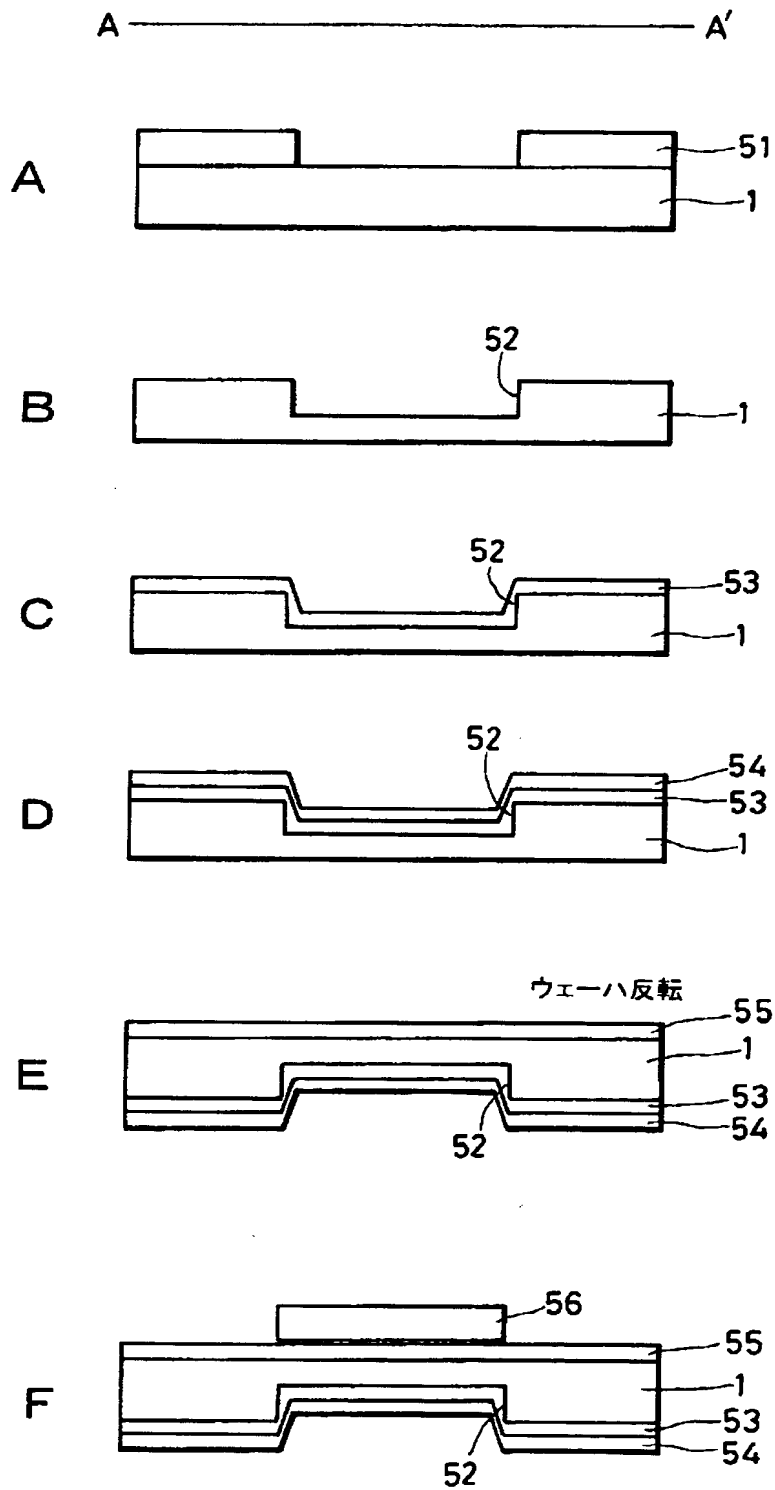
【図 3】



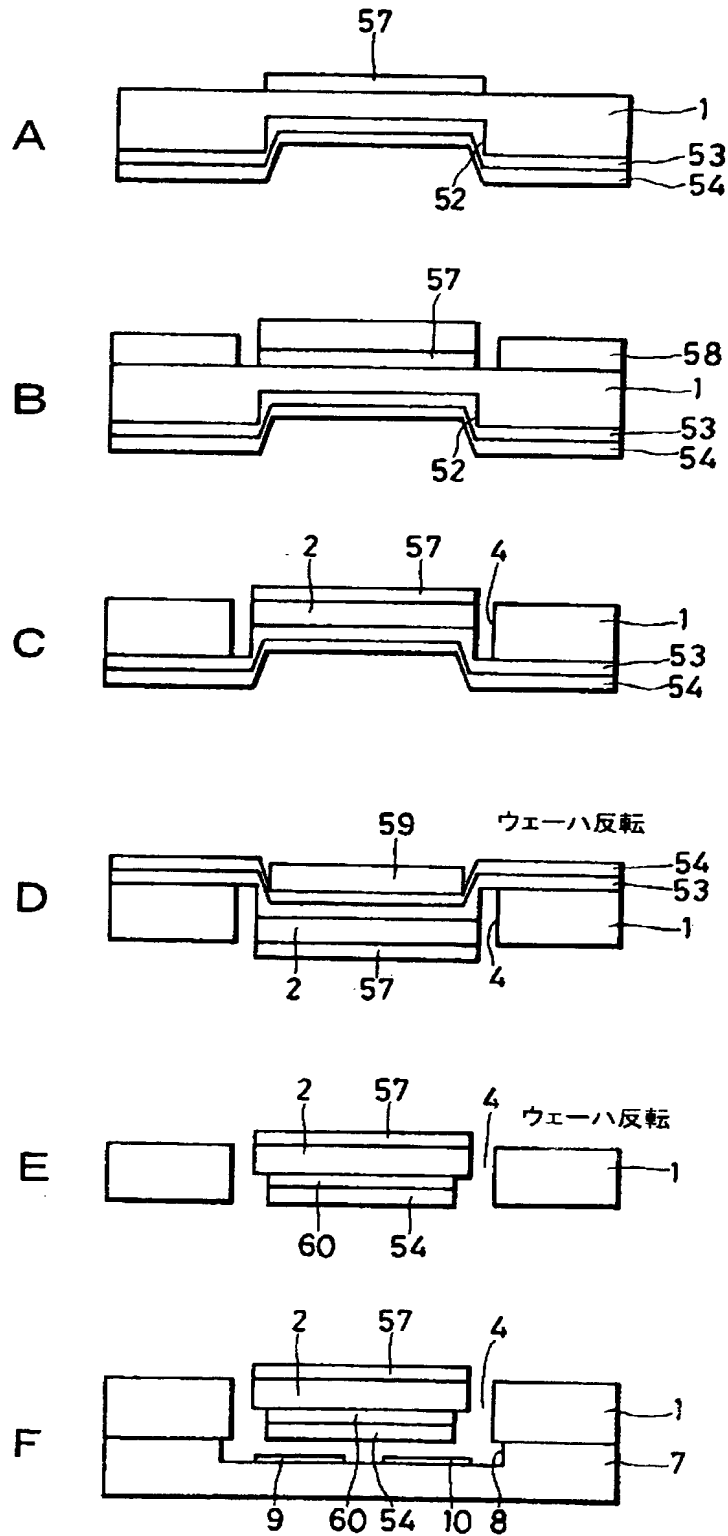
【図 4】



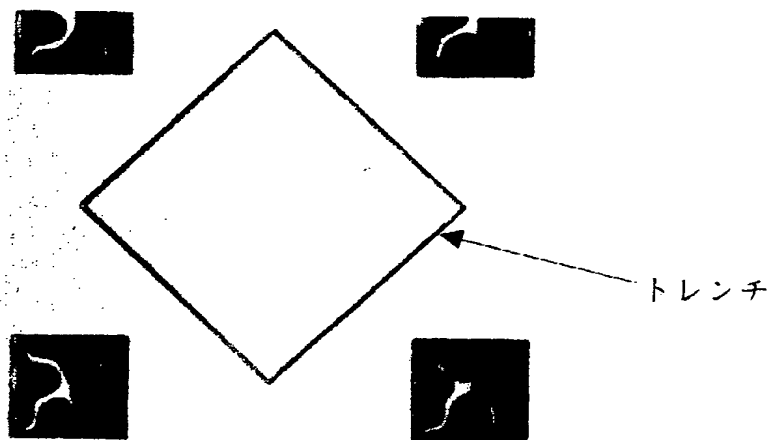
【図 5】



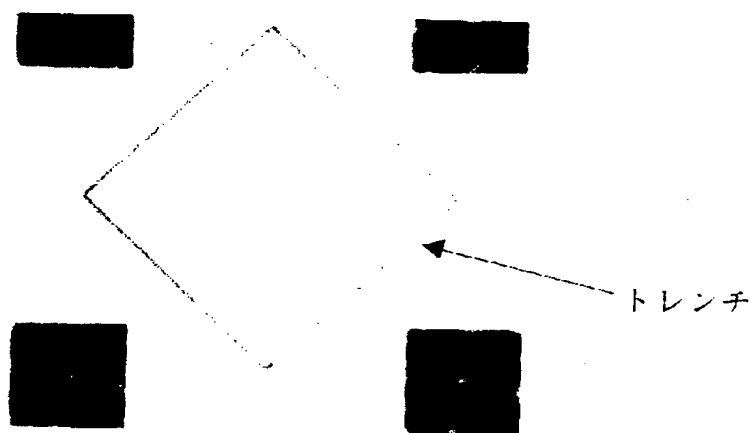
【図 6】



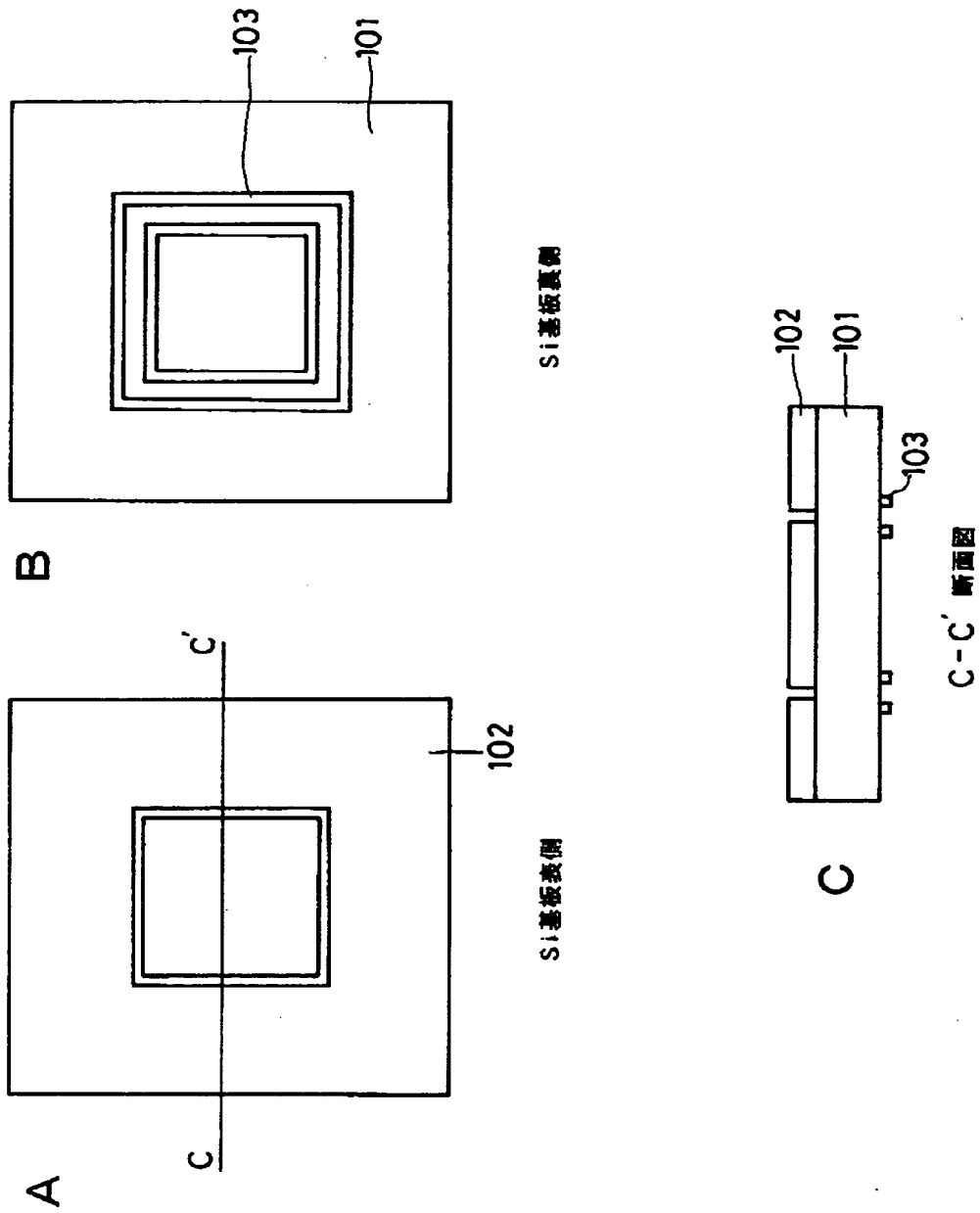
【図 7】



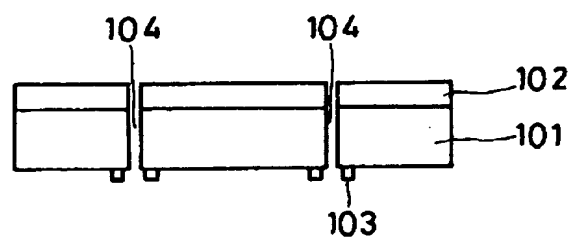
【図 8】



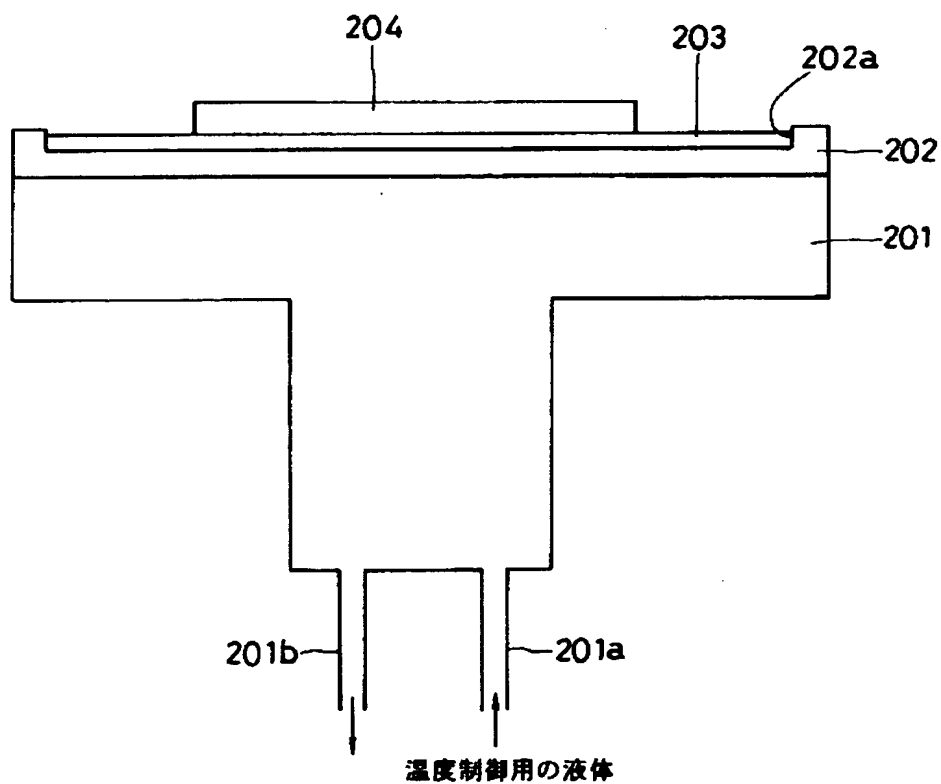
【图 9】



【図 1 0】



【図 1 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 被エッチング物にドライエッチングにより貫通孔を形成する場合にその貫通孔の末端部の寸法が大きくなるのを防止する。

【解決手段】 被エッチング物の一方の面側から反応性イオンエッチングのようなドライエッチングを行うことにより貫通トレンチ 4 のような貫通孔を形成する場合に、被エッチング物の他方の面の少なくとも貫通孔の形成予定領域またはその近傍に被エッチング物よりも電気伝導度が高い導電体を接触させた状態でドライエッチングを行う。被エッチング物は例えば S i 基板 1 などの半導体、導電体は例えば A l 膜 5 3 などの金属膜である。

【選択図】 図 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 2 1 8 5]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 3 0 日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号
氏 名 ソニー株式会社